

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

## セラミック静電チャックの静電力特性

Electrostatic Characteristics of Ceramic Electrostatic Chuck

渡部 俊也 東陶機器 (株) 基礎研究所

Toshiya Watanabe

問合せ/ ワタナベ トシヤ 〒 253 神奈川県茅ヶ崎市本村 2-8-1 tel (0467) 54-1142

## 1 はじめに

XY レコーダーなどの記録紙を固定する用途には古くから静電吸着方式が用いられてきたが、静電チャックを半導体製造プロセスに利用する試みは Wardly(1973)<sup>1)</sup> が初めて示唆したものである。当初静電チャックの誘電体にはマイカや高分子フィルムなどが用いられていた。これらの誘電体層は耐摩耗性が小さく熱伝導度が悪いため、平面精度が低下し製品寿命が短いこと、またウエハの温度制御に不向きなことなどの問題点があり、実用化には至らなかった。これらの問題を解決するため、1980 代に入ってファインセラミックスの製造技術を応用することにより、耐摩耗性や熱伝導に優れたアルミナセラミック製静電チャックを開発することが試みられた。このことの結果、ウエハ保持精度や寿命などの静電チャックを利用することのメリットが飛躍的に高まり、半導体製造プロセスにセラミック静電チャックが盛んに利用されるに至っている。

セラミック静電チャックに期待されているメリットの一つにはウエハハンドリング時のパーティクルの低減がある。半導体ウエハの製造装置において、製造装置内の各部から発生するパーティクルは最もやっかいな問題となっており、ウエハの搬送にメカニカルチャックを用いる場合では、接触部分からのパーティクルの発生のため

に、搬送速度を低速に抑えることが余儀なくされている。メカニカルチャックを用いるとウエハの局部に応力が集中することから、接触部のデバイスの損傷やパーティクルの発生が避けられないが、セラミック静電チャックでは、耐摩耗性が大きいセラミック面とウエハの裏面との間に均一な静電力を及ぼすことにより搬送することから、これらの問題が少なく高速搬送が可能になるメリットがある<sup>2)</sup>。

ドライエッチング装置などのウエハステージにもセラミック静電チャックが用いられている。ウエハを加熱・冷却しようとするとき、真空中では対流による熱伝達が行われず、接触面積に依存する熱伝達に頼らざるを得ない。半導体ウエハはサブミクロン以上のオーダーで反っているのが普通で、これをメカニカルチャックで吸着した場合は局部の接触しか行われなため、熱が上手く伝わらずウエハの冷却加熱は容易ではない。熱伝導のよいセラミック静電チャックを用いることにより、均一な静電力でウエハのうねりや反りも矯正されて吸着することから、ウエハとチャックの接触面積も大きくなり熱伝達率が向上し、ウエハ温度の制御が容易になる。

このような静電チャックの性能は言うまでもなく静電力で定まる。本稿ではセラミック静電チャックの基本的特性である静電力特性を、誘電体セラミックスの物性と関連付けてまとめた。

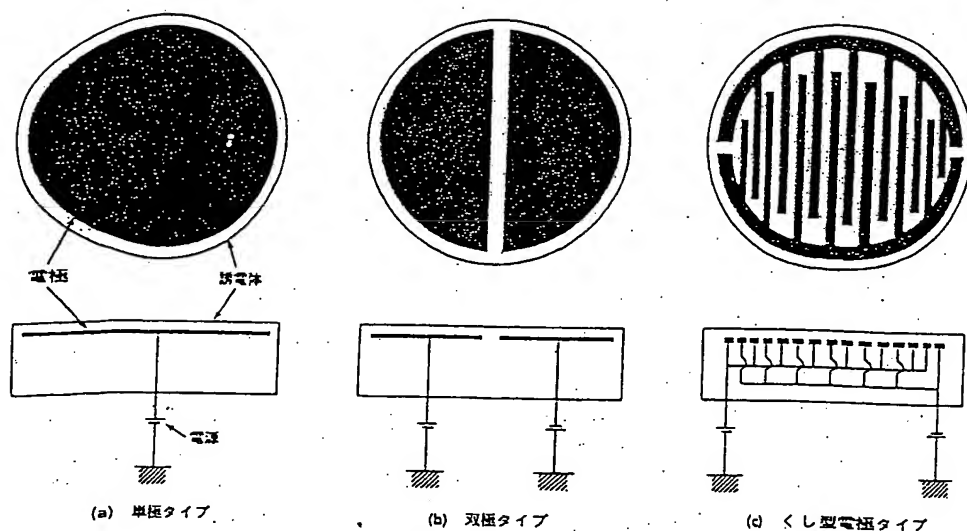


図1 静電チャックの構造と分類

## 2 静電チャックの構造と原理

静電チャックの構造は、電圧が印加される導体内部電極上に平坦な誘電体層が密着したものである。このとき内部電極の形状によって静電チャックは3種類に分類される。単一の内部電極をもつ単極型(図1a)では被吸着物を接地しなくてはならないのに対して、一対の内部電極を有する双極型(図1b)や、一対の電極が櫛形に形成されている櫛形電極型(図1c)では、2つの電極各々に正負の電圧が印加されることから、被吸着物を接地する必要がない。記録紙の固定に古くから用いられてきたのは櫛形電極型であるが、半導体用には主に単極型か双極型を变形したものが多く用いられる<sup>2)</sup>。

いずれの場合でも電圧印加によって、内部電極と被吸着物を電極とし、誘電体層を容量とするコンデンサを形成することから、内部電極と被吸着物に反対符号の電荷が蓄積されることにより静電力を発現する。

このとき、静電チャックと被吸着物の接触が完全であれば静電力は

$$F = \epsilon/2(V/d)^2 \quad (2.1)$$

(但し、 $\epsilon$ は誘電率、 $V$ は電圧、 $d$ は誘電層厚み)となる<sup>2)</sup>。

しかし例えば、厚さ300 $\mu$ m、比誘電率が10の誘電

体に1kV印加したときの静電力はこの式から計算すると、高々10g/cm<sup>2</sup>程度にしか過ぎない。空気中で用いられる真空チャックの吸着力が1kg/cm<sup>2</sup>に及ぶことを考えれば、このようにして計算された値は極めて微弱であり、実用には不十分であるといえる。

静電チャックの静電力を向上させる方策として、(1)式から誘電率の高い誘電体を用いることが発想される。実際このような試みとして、BaTiO<sub>3</sub>などが誘電体に用いられている例がある<sup>3)</sup>。しかしチタネートなどの強誘電体はアルミナに比べて熱伝導率や耐摩耗性が劣る問題点がある。

もうひとつの方策として、半導体と導体間に電圧を印加するとき働く、ジョンソン・ラーベック力<sup>4)</sup>を利用することが考えられる。これは半導体と導体の界面の間隙を容量として半導体が帯電することによって静電力が働くもので、湿度を含み抵抗値が低下した粉体に電圧を印加することによって生じる大きな凝集力などとして知られており、低い電圧で大きな力を生じる特徴がある。静電チャックでも誘電体層の抵抗値を低下させていけば同様の効果が生じるが、抵抗値があまり低くなりすぎると、被吸着物に大きな電流を流すことにつながり、特に半導体デバイスを吸着する静電チャックでは望ましくない。このことを解決するためには、静電チャック誘電体

表面を帯電させるのに充分で、かつ過大な電流を流すことのないよう厳密に誘電体抵抗値を制御する必要がある。

実際、ジョンソンラーベック力を機械加工用静電チャックに用いようとする試みは古く 1959 年に Waring<sup>5)</sup> によって行われているが、恐らくはこのような抵抗値制御の難しさなどの理由から実用化には至らなかったようである。

図 2 にはそれぞれの抵抗値に対応した静電吸着機構を示す。通常の誘電体分極が生じる抵抗値領域では、電位

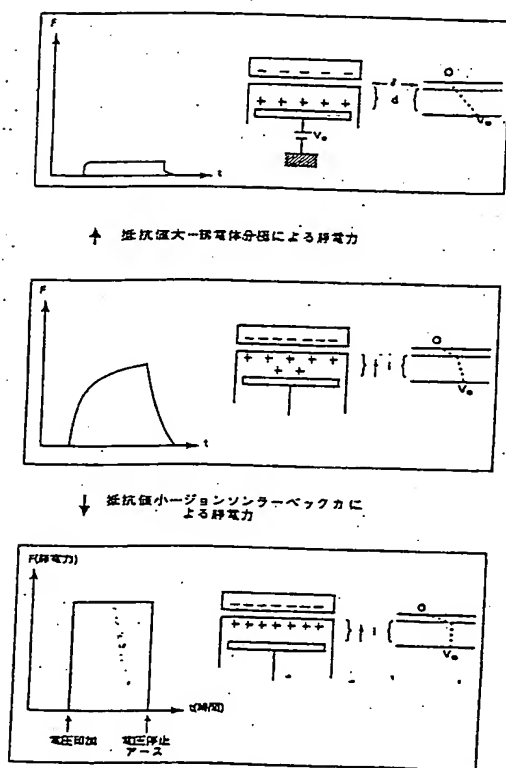


図 2 静電チャック誘電体抵抗値と静電力特性

勾配が誘電体内に一樣に生じることによって静電力が発現する。誘電体抵抗値が低下するにつれて静電チャック表面と半導体ウエハの間隙の電位勾配は拡大し、この電位勾配に対応した静電力が間隙に働く。間隙の抵抗値に比べて誘電体の抵抗値が無視できるほど小さいと、電位勾配は静電チャックと被吸着物の間隙でのみ生じることになる。ウエハとチャックの間隙の電位勾配は、この間

隙の帯電に起因するが、これは誘電体層中に流れる電流によって運ばれた電荷によるものである。誘電体層の抵抗値が十分小さいときは、この帯電は速やかに行われる(ジョンソンラーベック力)。誘電体層の抵抗値がこの間隙の抵抗値に近いときは、誘電体層中に微少電流が流れ、この電流によって徐々に間隙部分が帯電する。間隙部分の帯電する時間は誘電体の抵抗値が大きければ長く、抵抗値が小さければ短い。これに対応して、静電力も電圧印加とともに徐々に上昇し、電圧停止(端子間接地)後も残留静電力が生じる特徴的な静電力応答性を示すことになる。

抵抗値を極端に低下させれば応答性は無視できるが、実用的な抵抗値領域では応答性を全く無くすることは困難である。特に残留静電力はウエハの脱着時間を長くすることで、プロセス全体のスループットに影響を与えるため、残留静電力を制御して極力小さくすることは極めて重要である。

### 3 アルミナ誘電体の $\text{TiO}_2$ 添加による静電力特性制御

アルミナセラミックスに  $\text{TiO}_2$  を添加して適当な熱処理を加えると電気抵抗値を連続的に変化させることができる<sup>6)</sup>。図 3 に  $\text{TiO}_2$  を添加したアルミナを誘電体にした静電チャックの静電力の例を示した。  $\text{TiO}_2$  を添加し

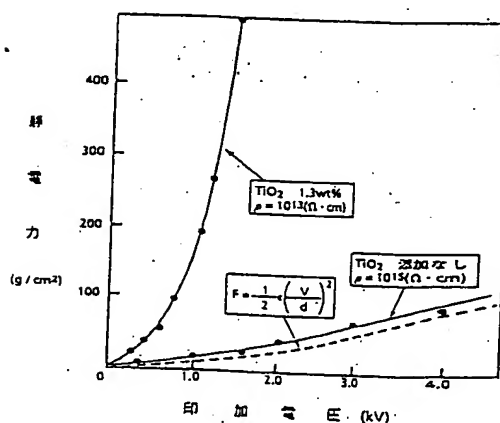


図 3 酸化チタン ( $\text{TiO}_2$ ) を添加した静電チャックの静電力<sup>7)</sup>

ないアルミナ静電チャックに比べて顕著に静電力が向上

していることがわかる<sup>7)</sup>。

この静電力は先述したように電圧印加時間に依存して増減する特性を有する。実用的に特に問題となるのは電圧停止後も残存する静電力であり、この残留静電力を極力小さくすることが重要となる。

図4はTiO<sub>2</sub>添加量を変化させることによって誘電体層の抵抗値を様々に変化させた静電チャックの残留時間である。<sup>8)</sup> 残留時間は誘電体の体積抵抗値が低下する

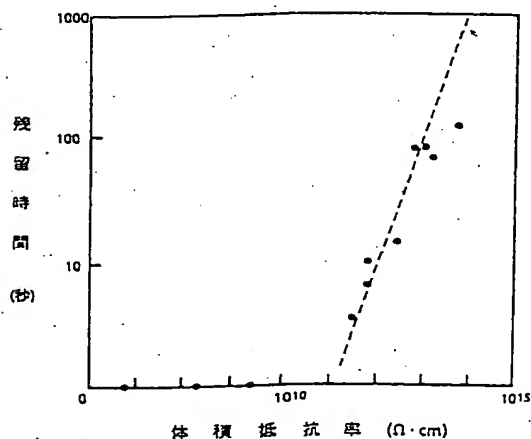


図4 静電チャックの誘電体の抵抗率と残留時間（誘電体厚み 300μm）<sup>8)</sup>

とともに短くなる。このときの残留時間と抵抗値の関係を表す直線の傾きは、電圧印加時の静電力発現の応答時間を縦軸にとっても同じになる。半導体ウエハに流れる電流値は極力小さくしたいことから、実用的な静電チャックの残留時間、応答時間は数秒程度のものを用いることが多い。図からこのときの体積抵抗率は 10<sup>11</sup>(Ωcm) 付近であることがわかる。またこの図から残留時間は抵抗値が 1 桁変化すると 10 倍に変化する程度に、抵抗値に極めて敏感であることが読み取れる。すなわちこのタイプの静電チャックでは如何に誘電体層の抵抗値を厳密に制御するかか性能を決めるといってよい。アルミナ-TiO<sub>2</sub>系セラミックスでは、焼結後更に熱処理を行って組織の均一化・安定化を行うことによって抵抗値のばらつきを小さくすることにより、抵抗値の精度を高めている。

#### 4 セラミック静電チャックの特性と用途

誘電体の抵抗値が変化することにより静電力の発現機構が異なり、これにともなう各機構に特有の静電力特性が発現する。図5にはこの様子をまとめたものである。抵抗値の高い領域の誘電体を用いている限りは大きな静

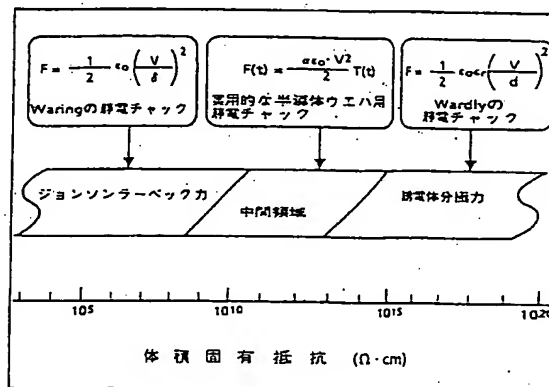


図5 静電チャック誘電体抵抗値と静電力機構<sup>3)</sup>

電力は得られないのに対して、抵抗値を適度に精度よく調整することにより、静電力が大きくかつ応答時間の短いアルミナ静電チャックの作製が可能となる。

セラミックの抵抗値は温度依存性があり、高温になるほど抵抗値が低下するため、これを半導体製造の各プロセスに応用しようとするときはそのプロセス温度で最適抵抗値となるように用途別に抵抗値の異なる静電チャックが用意されている。

表1に各用途別の静電チャックの抵抗値例を示す。低温エッチング装置や特に速い応答が求められる搬送

表1 セラミック静電チャックの用途

No.	プロセス温度 (°C)	体積抵抗率 (Ω·cm)	用途
1	25	10 <sup>9</sup>	ウェハローダー
2	-50~0	10 <sup>10</sup>	低温エッチング装置
3	0~25	10 <sup>11</sup>	エッチング装置、露光装置
4	25~100	10 <sup>12</sup>	エッチング装置
5	100~250	10 <sup>13</sup>	CVD、スパッタ装置
6	250~	10 <sup>15</sup>	CVD装置

用静電チャックでは 10<sup>9</sup> ~ 10<sup>10</sup>(Ωcm) 程度の抵抗値

のセラミックが、また常温付近のエッチング装置では  $10^{11}(\Omega\text{cm})$  程度の抵抗値のものが、また高温で施される CVD 装置では  $10^{13}(\Omega\text{cm})$  以上の抵抗値の静電チャックが適している。

図 6 には静電チャック外観写真の例を示した。電極

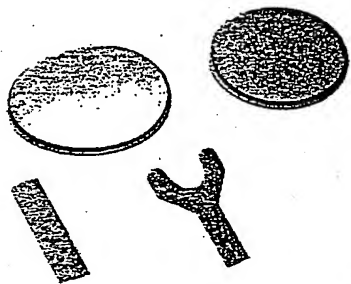


図 6  $\text{TiO}_2$  添加アルミナ静電チャック外観写真  
(上 2 ケはウエハステージ、下 2 ケは搬送用チャック)

と誘電体層を一体化して同時焼成する静電チャック作製プロセスによって、8 インチまでの大きさの任意の形状のチャックが作製可能である<sup>9)</sup>。写真には静電ウエハステージと搬送用静電チャックの外観例をそれぞれ示している。

## 5 おわりに

半導体の集積度の増大にともなう半導体製造技術の進歩は著しい。これと歩調を合わせ、半導体製造装置に用いられる部材に求められる特性もますます高度になりつつある。セラミック静電チャックも現在の性能を更に高めていくことが強く求められている。半導体プロセスにおけるセラミック静電チャックへの期待は大きい。高度化するニーズに合わせ、種々のセラミック材料技術を応用することによって初めて今後の発展が期待できるといえよう。

### [参考文献]

- 1) G.A.Wardly, Rev. Sci. Instrum., 144, 1506-9 (1973).
- 2) L.D.Hartsough, Solid State Technol., Jan., 87-90 (1993).
- 3) T.Tojo and K.Sugihara, Bull. Jpn. Soc. Prec. Engg., 19, 211-3 (1985).
- 4) C.Balakrishnan, Bri. J. Appl. Phys., 4, 211-3 (1950).
- 5) R.W.Waring, US Patent 2897424, Nov.10 (1959).
- 6) T.Watanabe, T.Aoshima, T.Kitabayashi and C.Nakayama, J.Ceram. Soc. Jpn., 101, 1107-14 (1993).
- 7) T.Watanabe and T.Kitabayashi, J.Ceram. Soc. Jpn. 100, 1-6 (1992).
- 8) T.Watanabe, T.Kitabayashi and C.Nakayama, Jpn. J. Appl. Phys., 32, 864-71 (1993).
- 9) 例えば TOTO 精密セラミックカタログ (東陶機器 (株) 参照)

### ニューセラ情報

#### 「ファインセラミックス製品製造」技能検定試験を 2 月に実施

労働省は平成 5 年度技能検定職種に「ファインセラミックス製品製造」を新しく指定し、平成 6 年 2 月 6 日に実技試験、2 月 20 日に学科試験を実施することになった (合格発表は 3 月 31 日)。

今回の検定試験が対象としている職種はファインセラミックス製品の製造工程において、ファインセラミックスの切削、研削助工等の精密加工により、ファインセラミックス製品の製造を行うものであり、この精密加工には力学的、化学的、電気的な加工等、複雑かつ高度な技能が要求されている。技能検定は 1 級、2 級に分かれて行われるが、工業高等学校卒業生も受験資格のある 3 級についても近い将来、設定される動きも出ている。

ファインセラミックスとしては何分にも初めての技能検定試験であるため受験者がどの程度の数に達するか注目されているが、岩手、秋田、群馬、埼玉、東京、神奈川、新潟、石川、福島、長野、岐阜、静岡、愛知、三重、大阪、兵庫、鳥取、広島、福岡から応募が寄せられていると労働省技能振興課では話している。

詳細は各県の職業能力開発協会 (又は中央職業能力開発協会、電話 東京 03(3224)3611)。

さて気になる検定試験の程度であるが基準細目については次のように発表されている。

#### (I) 学科試験

#### (II) 実技試験

1 級 ダイヤモンドホイールの状態判定、セラミックスの加工法と表面粗さの判定

2 級 砥粒の特徴及び使用ホイールの選定、ダイヤモンドホイールの状態判定、セラミックスの加工法と表面粗さの判定